

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

11-297610

(43)Date of publication of application :

29.10.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G21K 5/04

H01J 37/153

H01J 37/305

(21)Application number : 10-111357

(71)Applicant :

NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.04.1998

(72)Inventor :

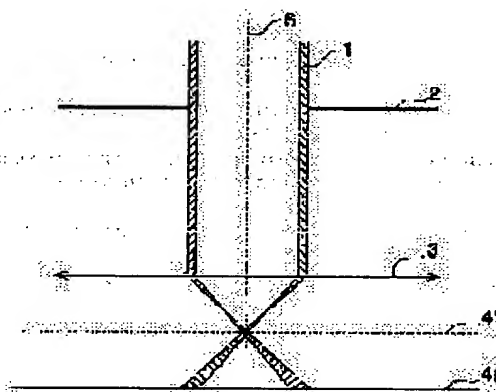
KOJIMA SHINICHI

## (54) CHARGED PARTICLE BEAM ALIGNER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a charged particle beam aligner in which spherical aberration is reduced without increasing defocus due to Coulomb effect, by using a simple constitution as compared with a correcting method by using a multipolar lens.

**SOLUTION:** A charged particle beam 1 which has passed a mask is projected on a wafer substrate 5 by a lens 3 projection, and an image of the mask is formed on the wafer substrate 5. A position (the optimum image plane) 4' where the spread of the charged particle beam due to spherical aberration becomes minimum exists at a position nearer to the image plane side than a convergence position 4 of a paraxial charged particle beam, so that a mask is moved to this position and arranged. A ring belt type aperture is arranged in a lighting system. On the optimum image plane position 4', only a charged particle beam of an aperture half angle of at most a specified value is made to be received with an aperture half angle of at least a specified value. Thereby spherical aberration at the optimum image plane position 4' is remarkably reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-297610

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 4 1 B

G 0 3 F 7/20

5 0 4

G 0 3 F 7/20

5 0 4

G 2 1 K 5/04

G 2 1 K 5/04

M

H 0 1 J 37/153

H 0 1 J 37/153

Z

37/305

37/305

B

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-111357

(22) 出願日

平成10年(1998)4月8日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小島 真一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

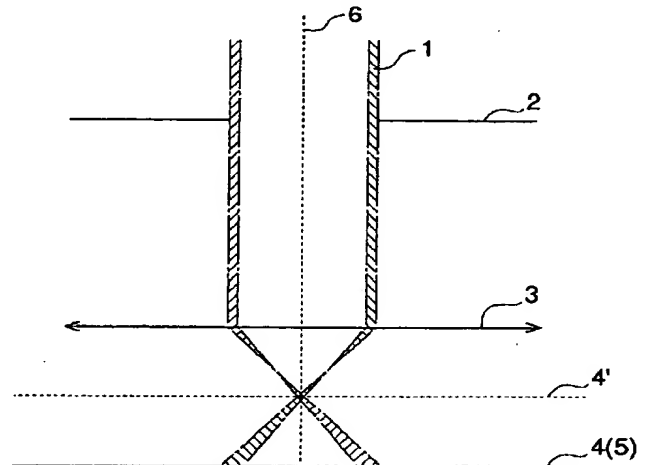
(74) 代理人 弁理士 細江 利昭

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線露光装置

(57) 【要約】

【課題】 クーロン効果によるボケを増大させることなく、また、多極子レンズを使用した補正方法に比して簡単な構成で球面収差を少なくした荷電粒子線露光装置を提供する。

【解決手段】 マスクを通過した荷電粒子線1は、投影用レンズ3により、ウェハ基板5上に投影され、マスクの像をウェハ基板5上に結像する。近軸荷電粒子線の集束位置4より物面側に近い位置に、球面収差による荷電粒子線の広がり最小になる位置(最適像面)4'が存在するので、この位置にマスク5を移動させて配置する。照明系に輪帯状のアパーチャーを設け、最適像面位置4'上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷電粒子線のみが受光されるようにすれば、最適像面位置4'における球面収差は著しく低減される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 結像面上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷電粒子線のみが受光されるように、荷電粒子線を遮断するアパーチャが設けられ、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項2】 荷電粒子が通過する空間にアパーチャが設けられ、当該アパーチャは、少なくとも第1の半径の円形領域内を遮蔽する遮蔽部と、少なくとも前記第1の半径より大きい半径の円形領域外を遮蔽する遮蔽部とを併せ持ち、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路製造プロセスにおいて、レチクルやマスクのパターンをウェハ等の感応基板上に転写するため等に使用される荷電粒子線露光装置に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】半導体の高集積化が進むにつれ、集積回路の微細化が要求され、これに伴い、露光装置には、より細かいパターンを描くために、より高い解像度で描画できることが要求されてきている。その中で、電子線に代表される荷電粒子線による露光装置は、このような要求に応えることができるものとして注目されている。

【0003】荷電粒子線露光では、予め集積回路の回路パターンを描いてあるマスクを荷電粒子線で照射し、回路パターンをウェハ基板上に転写する。荷電粒子線露光で一度に露光される領域をサブフィールドと呼ぶが、一つのサブフィールドには回路パターンの一部が描かれている。マスク上のサブフィールドを順次ウェハ基板上に連結して転写することにより、一つの半導体チップの全回路パターンがウェハ基板上に転写される（たとえば、特開平8-64522号公報参照）。

【0004】このような荷電粒子線露光装置の例の概略図を図12に示す。図12において、1は荷電粒子線、2はアパーチャ、3は投影レンズ、4はガウス像面位置、5はウェハ基板、6は光軸、7はマスク、8は荷電粒子線源、9は投影レンズを示す。荷電粒子線源8から放出された荷電粒子線1は、投影レンズ9、アパーチャ2を介してマスク7を照射する。マスク7のパターン部を通過した荷電粒子線は、投影レンズ3、アパーチャ2を介して、マスクパターン像をウェハ基板5上に結像する。ウェハ基板5は、近軸光線の結像面であるガウス像面位置4に配置されている。

【0005】従来の荷電粒子線露光においては、主として集束用の磁気レンズまたは静電レンズから構成される荷電粒子光学系により荷電粒子線を集束させる。しか

し、荷電粒子線光学によると、中心軸の周りに回転対称なレンズを用いた場合、球面収差が必ず残存してしまうことが知られている。球面収差が残存する場合、マスクの像をウェハ基板上に転写したときに転写像が一様にボケてしまう。

【0006】ボケのある像を転写すると、ウェハ基板上に塗布されている感光剤を現像したとき、パターン縁がだれてしまう。その結果、縁部の不鮮明な、従って設計値からずれた寸法を持つ回路パターンが形成される。このようなことが起こると、形成された回路の電気的特性にばらつきが生じ、電気信号が半導体集積回路中を正常に流れなくなって動作不良の原因となったり、ゲート長変化により素子特性そのものに影響を与えてしまったりする等の問題点がある。従って何らかの手段を講じて球面収差を抑える必要がある。

【0007】球面収差を補正する従来技術として、多極子レンズ系を使う方法、回転対称レンズ系に補正器として多極子レンズを導入する方法が知られている。

【0008】また、球面収差は、荷電粒子線の像面での角度分布を表す開き半角 $\alpha$ の3乗に比例している。すなわち、球面収差係数の大きさを $C_{sph}$ とすると、球面収差の大きさは $C_{sph}\alpha^3$ で表される。よって、球面収差を小さくするために、開き半角を小さくすることも行われている。

**【0009】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、多極子レンズによる補正方法は理論的には可能であるが、多極子レンズの製造が非常に難しいという問題点がある。さらに多極子レンズの光軸合わせ（アライメントと呼ばれる）も大変難しい。

【0010】これら、多極子レンズの製造誤差、アライメント誤差により実際の補正レンズ場分布が設計値からはずれてしまい、ずれたレンズ場により余計な収差が発生してしまうため、サブミクロンレベルの荷電粒子光学系では、多極子レンズを使用した補正は実用レベルに達していないことが報告されている（岡山重夫、“電子顕微鏡”、Vol 25、No. 3、(1990)、159-166）。また、多極子レンズ系を導入すれば、レンズの電気制御系もその分複雑になるという問題点もある。

【0011】また、荷電粒子線のボケには、レンズの収差以外に荷電粒子間に働くクーロン反発力（クーロン効果）によっておこる像ボケがある。クーロン効果は、開き半角が小さいほど大きくなるため、球面収差を小さくしようとして開き半角を小さくすると、クーロン効果による像ボケが大きくなるという問題点が生ずる。

【0012】また多極子レンズ補正系を入れると、その分物面-像面間の距離が長くなるため荷電粒子の相互作用時間が長くなり、クーロン効果によるボケが増加する。つまり、従来技術においてクーロン効果によるボケと球面収差ボケの両方を効果的に低減する技術は確立さ

れていなかった。

【0013】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、クーロン効果によるボケを増大させることなく、また、多極子レンズを使用した補正方法に比して簡単な構成で球面収差を少なくした荷電粒子線露光装置を提供することを課題とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、結像面上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷電粒子線のみが受光されるように、荷電粒子線を遮断するアパーチャが設けられ、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子線露光装置（請求項1）である。

【0015】前記課題を解決するための第2の手段は、荷電粒子が通過する空間にアパーチャが設けられ、当該アパーチャは、少なくとも第1の半径の円形領域内を遮蔽する遮蔽部と、少なくとも前記第1の半径より大きい半径の円形領域外を遮蔽する遮蔽部とを併せ持ち、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子線露光装置（請求項2）である。

【0016】（作用）以下、本発明の作用を図を用いて説明する。なお、以下の説明においては、荷電粒子線のことを光線、その中心軸を光軸、その系を光学系等と、荷電粒子線を光の一種として説明することがある。

【0017】図1は本発明による球面収差低減の原理を説明する図、図2は従来の光学系における球面収差の発生を示す図である。図1、図2において、1は荷電粒子線、2はアパーチャ、3は投影レンズ、4はガウス像面（近軸光線の結像面）位置、4'は球面収差が最少になる最適像面位置、5はウェハ基板、6は光軸である。

【0018】マスクを通過した荷電粒子線1は、投影用レンズ3により、ウェハ基板5上に投影され、マスクの像をウェハ基板5上に結像する。

【0019】図2において、球面収差が主な収差であるような従来の光学系における荷電粒子光学レンズの場合、近軸荷電粒子線の集束位置であるガウス像面位置4より物面側に近い位置に、球面収差による荷電粒子線の広がり最少となる位置（最適像面位置）4'が存在する。よって、マスク基板5の位置をガウス像面位置4から最適像面位置4'に移動することにより、ある程度球面収差を小さくすることができる。しかし像面位置をこの最適像面に合わせたときでも、球面収差による荷電粒子線の広がりにはならない。

【0020】発明者は、図2の光学系において、近軸荷電粒子線をカットすることにより、前記最適像面位置4'における球面収差が著しく低減されることを見出した。すなわち、図1のように、最適像面位置4'上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷

電粒子線のみが受光されるようにすれば、最適像面位置4'における球面収差は著しく低減される。よって、このようなアパーチャを設け、かつマスク等（被転写面）が最適像面位置4'に一致するように調整する手段を設けるという簡単な構成で、球面収差を大幅に低減することができる。

【0021】請求項1及び課題を解決するための第1の手段の記載において、「結像面上において」というのは、「最適像面位置4'に対応する位置において」ということを意味するものである。

【0022】この方法によれば、開き半角が大きい部分の荷電粒子線が利用されているので、クーロン効果による像ボケが大きくなることを回避できる。また、多極子レンズを使用していないので構造が複雑になることもなく、多極子レンズを使用することに伴うクーロン効果による像ボケをも回避することができる。

【0023】本発明に用いるアパーチャは、結像面上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷電粒子線のみが受光されるようにするものであればどのようなものでもよいが、特に請求項2及び発明の実施の形態に記載されるような構造のものとするれば、構造が簡単で製作しやすい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。以下の図においては、前出の図において説明した構成要素には同じ符号を付してその説明を省略する。

【0025】まず、図3に示すような、球面収差が主である磁気2重対称レンズから構成される投影用電子光学系を考える。以下の図においては、課題を解決するための手段及び発明の実施の形態の欄の中での前出の図に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略する。また、荷電粒子線は電子線として説明する。図3において、7はマスク、12はレンズ磁極、13はレンズコイル、20は偏向器コイルを示す。この電子光学系は1/4縮小投影光学系で、電子線を偏向する偏向器コイル20からなる偏向器を有する。

【0026】マスク7を通過した電子線1は、レンズ磁極12、レンズコイル13を有する投影用レンズによりウェハ基板5面に投影され、マスク7の像をウェハ基板5面に結像する。結像の横方向の位置は、偏向器20により可変とされている。

【0027】像面での電子線の開き半角は、クーロン効果によるボケを十分抑制する目的で17mradと大きくした。このときレンズ収差によるガウス像面上での像ボケが308nmであり、100nmレベルの線幅を転写する露光装置としては実用にはならない。このうち球面収差は293nmであり、レンズ収差の中で主な収差である。

【0028】図4、図5は電子線の分布を示す図である。図4、図5において、10は輪体状アパーチャであ

る。輪帯状のアパーチャー10を設けない通常の照明の場合、図4のように電子線1は開き半角0mrad~17mradまでの間ではほぼガウシアン分布している。この場合でも通常良く行うように、像面をガウス像面からずらし最適像面位置まで移動することにより、球面収差による像ボケが約1/4倍に小さくなる。これにより、球面収差は73nmにまで低減される。

【0029】しかしそれでも、像面上で1mm偏向すると、レンズ収差によるボケは117nmとなり、100nmを越えてしまう。

【0030】しかしさらに本発明を適用し、図5のように輪帯状アパーチャー10を設け、開き半角を13.6mradから17mradの間に制限することにより、最適像面位置における球面収差によるボケ量を元の293nmの0.16倍、つまり56nmにまで低減可能である。この場合レンズ収差によるボケは106nmに低減される。

【0031】また、同様に輪帯状アパーチャー10で開き半角を15.3mradから17mradの間に制限した場合には、球面収差の最適像面位置におけるボケ量を元の293nmの0.09倍に低減する事ができ、最適像面位置における球面収差は26nmにまで低減する。この場合レンズ収差によるボケは91nmで、100nm解像度を達成できる。

【0032】一方開き半角分布が15.3mradから17mradの間と大きいと、クーロン効果による像ボケは大幅に抑制され25 $\mu$ Aの電子線を照射した場合に40nm程度であり、極めて大電流の割にはボケは小さい。従って、レンズ収差、クーロン効果によるボケは合わせて99nm（各ボケの自乗和の平方根で定義）であり100nm線幅の解像度を達成できる。

【0033】なお、輪帯状アパーチャー10を用いることにより球面収差以外の収差が変化する割合は十分小さく、無視できる程度である。また、輪帯状アパーチャー10を入れる位置は、絞りのある位置であればどこでもよい。図6、図7に、輪帯状アパーチャー10を入れる位置の例を示す。図6、図7において、8は電子線源、9は照明用レンズを示す。

【0034】図6は、照明系の絞りの部分に、輪帯状アパーチャー10を入れた例を示す図であり、最も一般的に考えられる例である。電子線1は、照明用レンズ9により平行ビームとされ、その後マスク7上に集光され、投影用レンズ3により、マスク7の像をウェハ基板5上に結像する。

【0035】図6においては、2つの照明レンズ9の間の、電子線1が平行ビームとされている位置に輪帯状アパーチャー10が設けられている。輪帯アパーチャー10により、最適像面位置4'での開き半角が所定値以上で所定値以下の範囲の電子線のみが結像に寄与することになる。この状態で、ウェハ基板5を、最適像面位置4'に移動配置するか、補助レンズにより、最適像面位置をウェハ基板5が配置されている位置に合わせるようにす

る。

【0036】図7においては、2つの投影用レンズ3の間の、電子線1が平行ビームとされている位置に輪帯状アパーチャー10が設けられている。輪帯状アパーチャー10により、最適像面位置4'での開き半角が所定値以上で所定値以下の範囲の電子線のみが結像に寄与することになる。この状態で、ウェハ基板5を、最適像面位置4'に移動配置するか、補助レンズにより、最適像面位置をウェハ基板5が配置されている位置に合わせるようにする。

【0037】クーロン効果を低減させる意味からは、輪帯状アパーチャー10を照明系に設ける図6に示すような方式の方がより好ましい。

【0038】本発明に係るアパーチャーの形状は、結像に寄与する電子線の結像面における開き半角を所定値以上所定値以下に制限するような形状のものであれば、どのような形状の開口部を有するものでもよい。図8、図9にその例を示す。

【0039】図8は、所定半径より小さい円形領域内と、それより大きな半径の円形領域外の電子線を遮蔽するように構成されたドーナツ状の開口部を持つアパーチャーであり、内側の遮蔽板を支えるための部材により開口部が2分されている例である。

【0040】図9は、複数の円形開口部を、各円の中心が同一の円の円周上にあるように、かつ等間隔に配置したアパーチャーの例である。図8、図9に示すようなアパーチャーは構造が簡単で製造が容易である。

【0041】ウェハ基板5を最適像面位置に合わせる方法の例を図10、図11に示す。図10において1'は、補正前の電子線、1''は補正後の電子線、3'は補正レンズ（焦点補正コイル）である。

【0042】図10においては、最適像面位置4'に焦点を結んでいた電子線1'は、補正レンズ3'の働きにより1''のようになり、ガウス像面位置4の位置に焦点を結ぶようになる。すなわち、最適像面位置が4'から4の位置に移動する。よって、ウェハ基板5を移動させなくても、ウェハ基板5を最適像面位置に置くことができる。

【0043】図11においては、ウェハ基板5を最適像面位置4'の位置まで移動させ、ウェハ基板5上に焦点が合うようにしている。

【0044】最適像面位置4'を求めるためには、例えば次のような方法が適当である。第1の方法は、ウェハステージの高さをいろいろに変え、実際にダミーウェハを使用してパターンを焼きつけ、そのパターンをSEMにより観察する方法である。SEM像を観察し、最も良い解像度の得られるステージ高さを最適像面位置とする。

【0045】第2の方法においては、ウェハステージ又は校正用のウェハ上に基準マークを設け、この基準マー

ク上を電子ビームでスキャンして反射信号を検出し、反射電子信号の微分値 ( $d(\text{信号量})/d(\text{スキャン位置})$ ) を求め、この微分値からぼけを読み取る方法である。これを、ウェハステージの高さを変えて行い、ぼけ量が所定の範囲内になるか最小となるステージ高さを最適像面位置とする。

【0046】以上の方法は、ウェハステージ高さを調整することにより、被転写面を最適像面位置に置く方法に関するものであるが、補正レンズにより被転写面を最適像面位置に置く方法を採用した場合は、補正レンズによる補正量を変えながら上記と同様の方法で最適補正量を見出すようにすればよい。

【0047】なお、以上の発明の実施の形態の説明では、荷電粒子線として電子線を用いる場合について説明したが、本発明は、他の荷電粒子を使用した露光装置においても適用できることは言うまでもない。

#### 【0048】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る発明は、結像面上において所定値以上の開き半角で所定値以下の開き半角の荷電粒子線のみが受光されるように、荷電粒子線を遮断するアパーチャが設けられ、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子露光装置であるので、多極子電極等を使用することなく、簡単な構成で球面収差を小さくすることができる。また、クローン効果による像ボケの増大を防ぐことができる。

【0049】光学設計に利用できる限られたレンズ設計の自由度を球面収差以外の収差を低減することに使い、残った球面収差を本発明による方法で効果的に低減することにより、結果的に十分低収差な荷電粒子光学系を得ることが可能になる。

【0050】請求項2に係る発明は、荷電粒子が通過する空間にアパーチャが設けられ、当該アパーチャは、少なくとも第1の半径の円形領域内を遮蔽する遮蔽部と、少なくとも前記第1の半径より大きい半径の円形領域外を遮蔽する遮蔽部とを併せ持ち、かつ、被転写面が、荷電粒子線の広がり最少となる位置に置かれるように調整する手段を有することを特徴とする荷電粒子線露光装置であるので、請求項1に係る発明と同様の効果を奏

し、かつ、アパーチャの構造が簡単で製作しやすい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による球面収差低減の原理を説明する図である。

【図2】従来の光学系における球面収差の発生を示す図である。

【図3】投影用電子光学系の例を示す図である。

【図4】従来技術におけるマスク面での電子線の開き角分布の例を示す図である。

【図5】本発明におけるマスク面での電子線の開き角分布の例を示す図である。

【図6】本発明において、アパーチャを設ける位置の一例を示す図である。

【図7】本発明において、アパーチャを設ける位置の他の例を示す図である。

【図8】本発明に係るアパーチャの一例を示す図である。

【図9】本発明に係るアパーチャの他の例を示す図である。

【図10】補正レンズにより最適像面位置をウェハ基板に合わせる方法を示す図である。

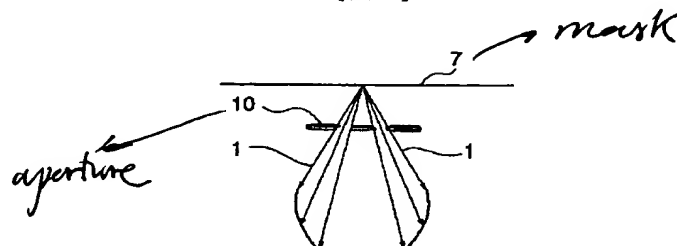
【図11】ウェハ基板位置の移動により最適像面位置をウェハ基板に合わせる方法を示す図である。

【図12】従来の荷電露光装置の例を示す概略図である。

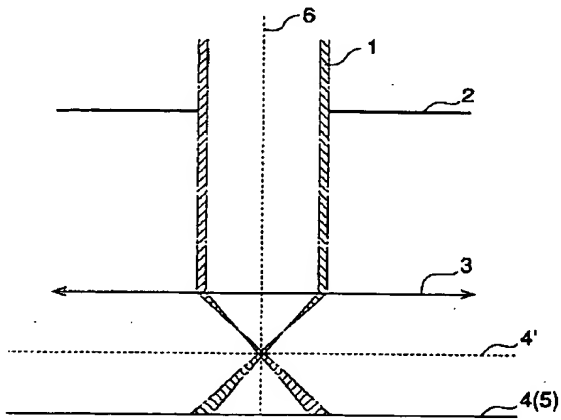
#### 【符号の説明】

- 1…荷電粒子線（電子線）
- 1'…補正前の電子線
- 1''…補正後の電子線
- 2…アパーチャ
- 3…投影レンズ
- 3'…補正レンズ
- 4…ガウス像面位置
- 4'…最適像面位置
- 5…ウェハ基板
- 6…光軸
- 7…マスク
- 8…電子線源
- 9…照明用レンズ
- 10…輪体状アパーチャ

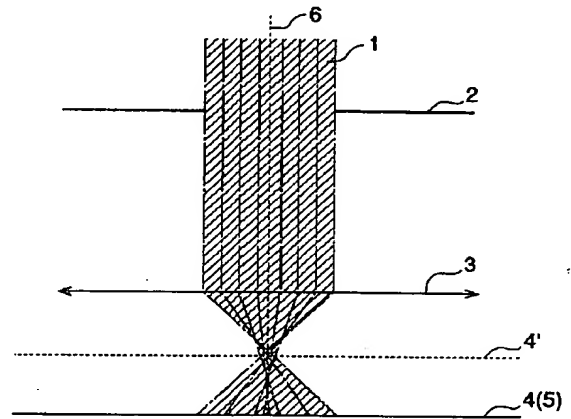
【図5】



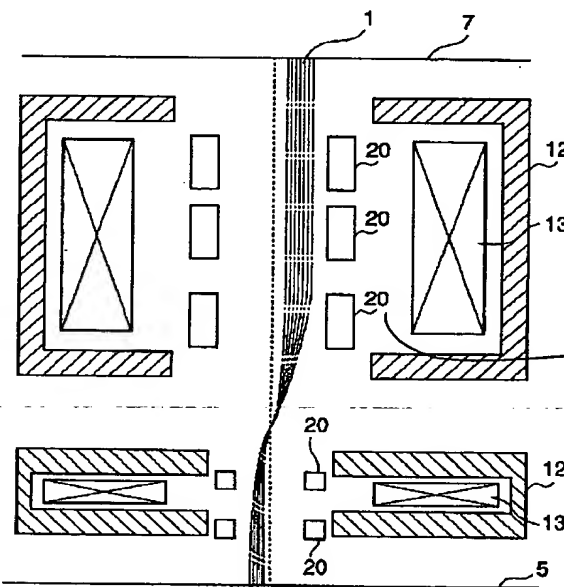
【図1】



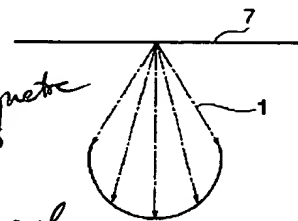
【図2】



【図3】

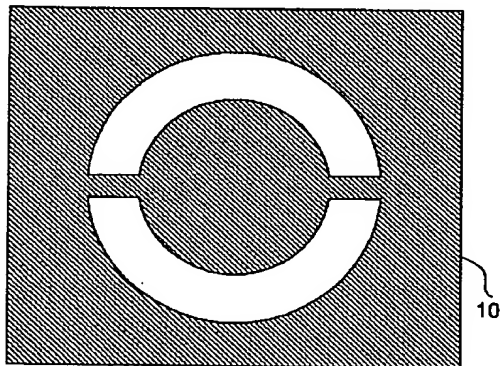


【図4】

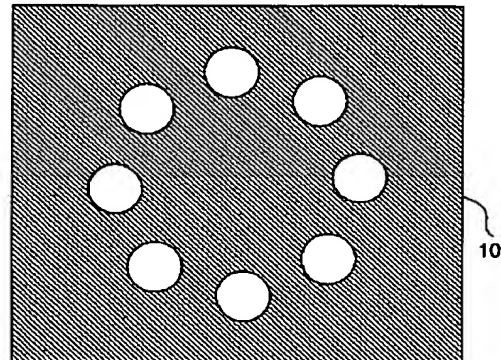


*wafer substrate*

【図8】

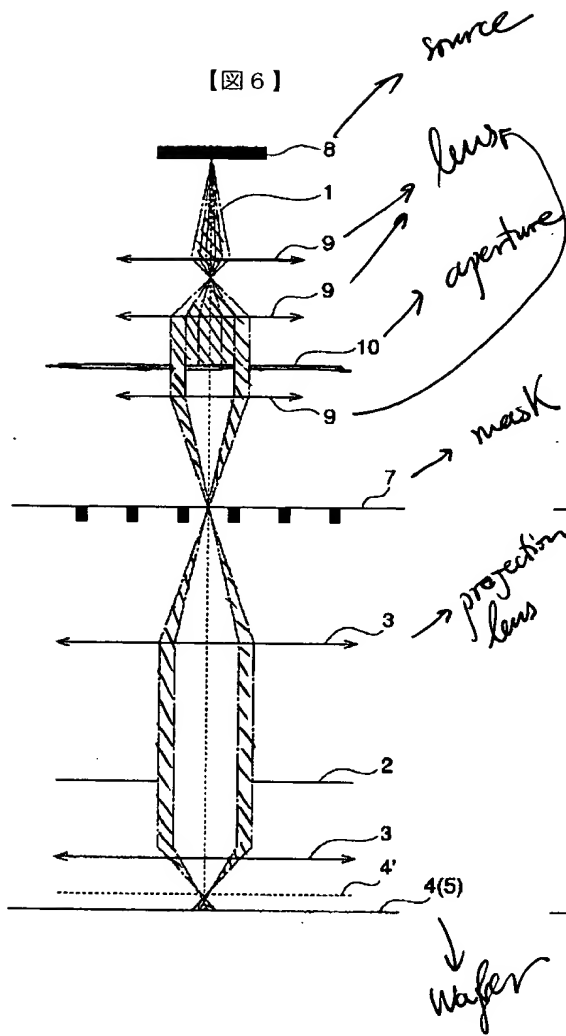


【図9】

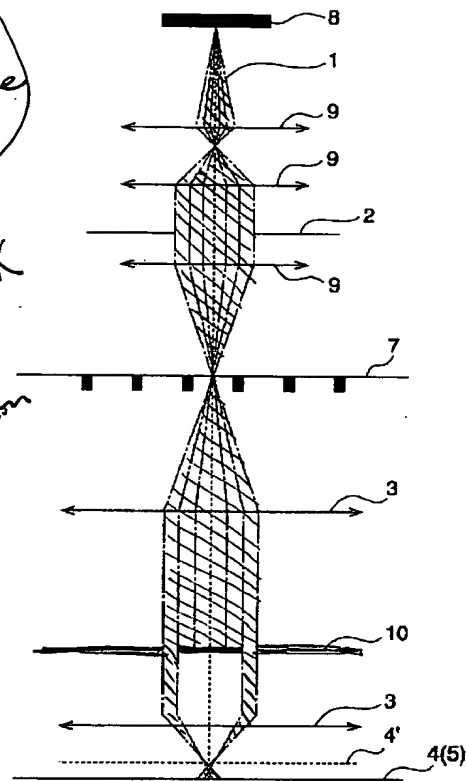




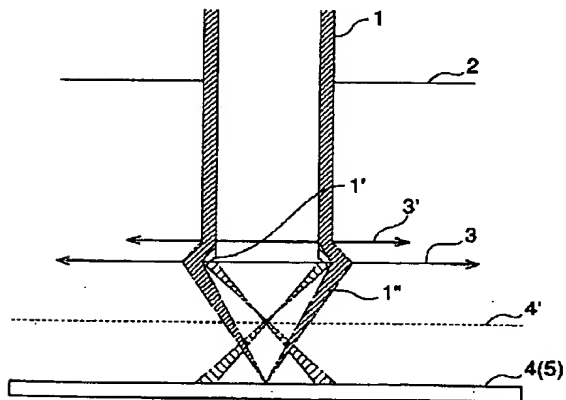
【図 6】



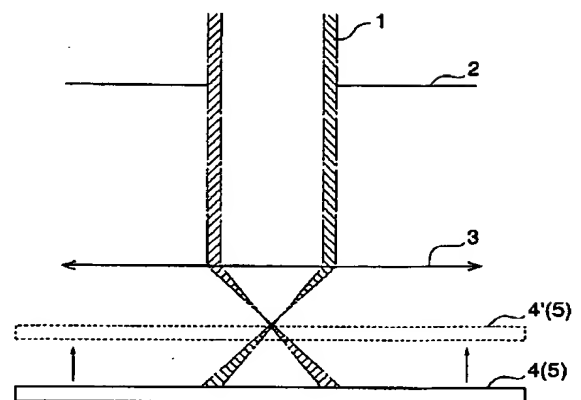
【図 7】



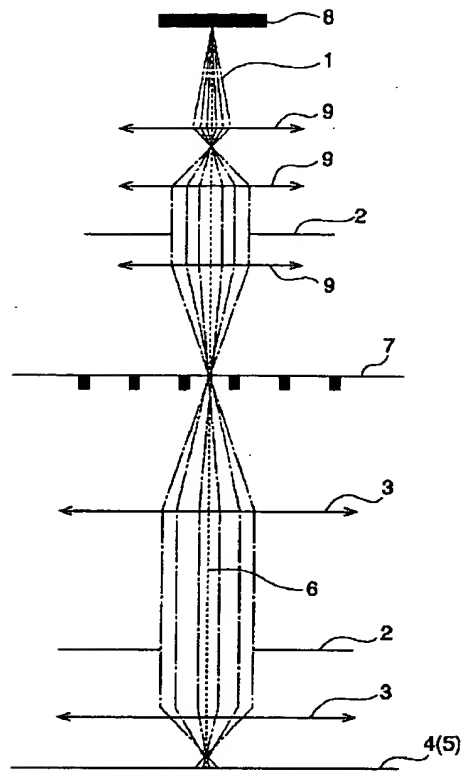
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the charged-particle line aligner used in order to imprint the pattern of a reticle or a mask to induction substrates, such as a wafer, in a semiconductor integrated circuit manufacture process.

[0002]

[Description of the Prior Art] Detailed-ization of an integrated circuit is required, and in order to draw a narrow pattern on an aligner more in connection with this, to be able to draw in higher resolution has been demanded as high integration of a semiconductor progresses. The aligner by the charged-particle line represented by the electron ray in it attracts attention as what can meet such a demand.

[0003] In charged-particle line exposure, the mask which has drawn the circuit pattern of an integrated circuit beforehand is irradiated by the charged-particle line, and a circuit pattern is imprinted on a wafer substrate. Although the field exposed at once by charged-particle line exposure is called subfield, some circuit patterns are drawn on one subfield. By connecting the subfield on a mask on a wafer substrate one by one, and imprinting it, all the circuit patterns of the semiconductor chip of a piece are imprinted on a wafer substrate (for example, refer to JP,8-64522,A).

[0004] The schematic diagram of the example of such a charged-particle aligner is shown in drawing 12. drawing 12 -- setting -- 1 -- a charged-particle line and 2 -- aperture and 3 -- a projection lens and 4 -- in an optical axis and 7, a mask and 8 show a charged-particle line source, and 9 shows [ a gauss image surface position and 5 / a wafer substrate and 6 ] a projection lens The charged-particle line 1 emitted from the charged-particle line source 8 irradiates a mask 7 through the projection lens 9 and aperture 2. The charged-particle line which passed the pattern section of a mask 7 carries out image formation of the image of a mask pattern on the wafer substrate 5 through the projection lens 3 and aperture 2. The wafer substrate 5 is arranged in the gauss image surface position 4 which is the image formation side of a paraxial ray.

[0005] In the conventional charged-particle line exposure, a charged-particle line is converged with the charged-particle optical system which mainly consists of the magnetic lenses or electrostatic lenses for convergence. However, according to charged-particle linear-light study, when a lens symmetrical with rotation is used for the surroundings of a medial axis, it is known that spherical aberration surely remains. When spherical aberration remains, and the image of a mask is imprinted on a wafer substrate, an imprint image will fade uniformly.

[0006] When the image with dotage was imprinted and the sensitization agent applied on the wafer substrate is developed, the edge of a pattern will flag. Consequently, the circuit pattern which a marginal part is indistinct, therefore has the size [ value / design ] shifted is formed. When such a thing happens, dispersion arises in the electrical property of the formed circuit, an electrical signal will not flow the inside of a semiconductor integrated circuit normally, and there is a trouble of becoming the cause of a malfunction or affecting the element property itself by gate-length change. Therefore, it is necessary to provide a certain means and to suppress spherical aberration.

[0007] The method using a multipole lens system and the method of introducing a multipole lens into a symmetry-of-revolution lens system as an amendment machine are learned by making spherical aberration into the amendment conventional technology.

[0008] Moreover, spherical aberration is proportional to the cube showing the angular distribution in the image surface of a charged-particle line of the aperture half size  $\alpha$ . That is, when the size of a spherical-aberration coefficient is set to  $Cs_{ph}$ , the size of spherical aberration is expressed with  $Cs_{ph}\alpha^3$ . Therefore, in order to make spherical aberration small, making aperture half size small is also performed.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although the amendment method with a multipole lens is theoretically possible, there is a trouble that manufacture of a multipole lens is very difficult. Optical-axis doubling (called alignment) of a multipole lens is still also very more difficult.

[0010] Since an actual correcting-lens place distribution shifts from a design value according to the manufacture error of these multipoles lens, and an alignment error and excessive aberration occurs by the lens place shifted, it is reported by the charged-particle optical system of submicron level that the amendment which used the multipole lens has not reached practical use level (Shigeo Okayama, an "electron microscope", Vol 25, No.3, (1990), 159-166). Moreover, if a multipole lens system is introduced, there are an electric control system of a lens and a trouble of becoming that much complicated.

[0011] Moreover, there is image dotage started by the Coulomb repulsion (the coulomb effect) which works between charged particles in addition to the aberration of a lens among the dotage of a charged-particle line. Since the coulomb effect becomes so large that aperture half size is small, if it tends to make spherical aberration small, and opens it and half size is made small,

the trouble that the image dotage by the coulomb effect becomes large will produce [0012] Moreover, if a multipole lens amendment system is put in, since the distance between the \*\*\*\*-image surfaces becomes long that much, the interaction time of a charged particle will become long, and dotage by the coulomb effect will increase. That is, the technology of reducing effectively both dotage and the spherical-aberration dotage by the coulomb effect in the conventional technology was not established.

[0013] this invention makes it a technical problem to offer the charged-particle line aligner which lessened spherical aberration with easy composition as compared with the amendment method which used the multipole lens, without having been made in view of such a situation and increasing dotage by the coulomb effect.

[0014]

[Means for Solving the Problem] The 1st means for solving the aforementioned technical problem is a charged-particle line aligner (claim 1) characterized by preparing the aperture which intercepts a charged-particle line, and a transferred side having a means to adjust so that it may be put on the position where a charged-particle line broadening serves as the minimum, as only the charged-particle line of the aperture half size below a predetermined value is received in the aperture half size beyond a predetermined value on an image formation side.

[0015] Aperture is prepared in the space where a charged particle passes the 2nd means for solving the aforementioned technical problem. the aperture concerned It has the covered section which covers the inside of the circular field of the 1st radius at least, and the covered section which covers the outside of the circular field of a larger radius at least than the 1st radius of the above. And a transferred side is the charged-particle line aligner (claim 2) characterized by having a means to adjust so that it may be put on the position where a charged-particle line broadening serves as the minimum.

[0016] (Operation) An operation of this invention is hereafter explained using drawing. In addition, in the following explanation, a beam of light and its medial axis may be explained for the thing of a charged-particle line, and a charged-particle line may be explained to be optical system etc. for an optical axis and its system as a kind of light.

[0017] Drawing and drawing 2 drawing 1 explains the principle of the spherical-aberration reduction by this invention to be are drawing showing generating of the spherical aberration in the conventional optical system. As for the optimal image surface position where in a charged-particle line and 2, as for aperture and 3, spherical aberration becomes a projection lens, and a gauss image surface (image formation side of paraxial ray) position and 4' become the minimum 4, and 5, in drawing 1 and drawing 2, 1 is [ a wafer substrate and 6 ] opticals axis.

[0018] The charged-particle line 1 which passed the mask is projected on the wafer substrate 5 with the lens 3 for projection, and carries out image formation of the image of a mask on the wafer substrate 5.

[0019] In the case of the charged-particle optical lens in the conventional optical system [ as / whose spherical aberration is the main aberration ], in drawing 2, position (optimal image surface position) 4' from which the charged-particle line broadening by spherical aberration becomes the minimum exists in the position near / position / gauss image surface / 4 / which is a convergence position of a paraxial charged-particle line ] a \*\*\*\* side. Therefore, spherical aberration can be made small to some extent by moving the position of the mask substrate 5 to optimal image surface position 4' from the gauss image surface position 4. However, even when an image surface position is doubled with this optimal image surface, the charged-particle line broadening by spherical aberration does not become zero.

[0020] The artificer found out that the spherical aberration in aforementioned optimal image surface position 4' was reduced remarkably by cutting a paraxial charged-particle line in the optical system of drawing 2. That is, like drawing 1, if only the charged-particle line of the aperture half size below a predetermined value is received in the aperture half size beyond a predetermined value in optimum image surface position 4' up, the spherical aberration in optimal image surface position 4' will be reduced remarkably. Therefore, spherical aberration can be sharply reduced with the easy composition of establishing a means to adjust so that such aperture may be prepared and a mask etc. may be in agreement with optimal image surface position 4' (transferred side).

[0021] the publication of the 1st means for solving a claim 1 and a technical problem -- setting -- "-- on an image formation side top and saying [ " ] -- "-- " is meant in the position corresponding to optimal image surface position 4'

[0022] According to this method, since the charged-particle line of a portion with large aperture half size is used, the image dotage by the coulomb effect can avoid a bird clapper greatly. Moreover, since the multipole lens is not used, intricately, a bird clapper does not have structure and it can also avoid the image dotage by the coulomb effect accompanying using a multipole lens.

[0023] Although what thing is sufficient as the aperture used for this invention as long as only the charged-particle line of the aperture half size below a predetermined value is received in the aperture half size beyond a predetermined value on an image formation side, it is simple for the thing of structure which is especially indicated by a claim 2 and the gestalt of implementation of invention, then structure, and they tend to manufacture it.

[0024]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of the gestalt of operation of this invention is explained using drawing. In the following drawings, the same sign is given to the component explained in the above-mentioned drawing, and the explanation is omitted.

[0025] First, spherical aberration as shown in drawing 3 considers the electron optics system for projection which consists of main magnetic double symmetrical lenses. In the following drawings, the same sign is given to the same component as the component shown in the above-mentioned drawing in the inside of the column of the gestalt of implementation of a The means for solving a technical problem and invention, and the explanation is omitted to it. Moreover, a charged-particle line is explained as an electron ray. In drawing 3, in a mask and 12, a lens magnetic pole and 13 show a lens coil, and 20 shows [ 7 ] a deflecting system coil. This electron optics system is 1 / 4 reduction projection optical system, and has the deflecting system which consists of a deflecting system coil 20 which deflects an electron ray.

[0026] The electron ray 1 which passes through the mask 7 is projected on the 5th page of a wafer substrate with the lens for projection which has the lens magnetic pole 12 and the lens coil 13, and carries out image formation of the image of a mask 7 to the 5th page of a wafer substrate. The position of the longitudinal direction of image formation is made adjustable by deflecting system 20.

[0027] The aperture half size of the electron ray in the image surface enlarged dotage by the coulomb effect with 17mrad(s) in order to suppress enough. At this time, the image dotage on the gauss image surface by lens aberration is 308nm, and it does not become practical use as an aligner which imprints the line breadth of 100nm level. Among these, spherical aberration is 293nm and is the main aberration in lens aberration.

[0028] Drawing 4 and drawing 5 are drawings showing the distribution of an electron ray. In drawing 4 and drawing 5, 10 is cycle-like aperture. In the usual lighting which does not form the zona-orbicularis-like aperture 10, the electron ray 1 is carrying out the Gaussian distribution mostly like drawing 4 before aperture half size 0mrad - 17mrad. Even in this case, the image dotage by spherical aberration increases small about 1 / 4 times by shifting the image surface from the gauss image surface, and moving to the optimal image surface position so that it may usually carry out well. Thereby, spherical aberration is reduced by even 73nm.

[0029] However, still, if it deviates 1mm on the image surface, the dotage by lens aberration will be set to 117nm, and will exceed 100nm.

[0030] However, the amount of dotage by the spherical aberration in the optimal image surface position can be reduced by 0.16 times [ 293nm ], i.e., 56nm, the origin by applying this invention further, forming the zona-orbicularis-like aperture 10 like drawing 5, and restricting aperture half size between 13.6mrad(s) and 17mrad(s). In this case, the dotage by lens aberration is reduced by 106nm.

[0031] Moreover, when it opens by the zona-orbicularis-like aperture 10 similarly and half size is restricted between 15.3mrad(s) and 17mrad(s), the amount of dotage in the optimal image surface position of spherical aberration can be reduced by 0.09 times [ 293nm ] the origin, and the spherical aberration in the optimal image surface position is reduced even to 26nm. In this case, the dotage by lens aberration is 91nm, and can attain 100nm resolution.

[0032] On the other hand, since the aperture half size distribution is as large as between 15.3mrad(s) to 17mrad(s), when the image dotage by the coulomb effect is suppressed sharply and the electron ray of 25microA is irradiated, it is about 40nm, and dotage is very small considering a high current. Therefore, the dotage by lens aberration and the coulomb effect is 99nm (it defines by the square root of the sum of squares of each dotage) in all, and can attain the resolution of 100nm line breadth.

[0033] In addition, by using the zona-orbicularis-like aperture 10, the rate from which aberration other than spherical aberration changes is small enough, and is the grade which can be disregarded. Moreover, if the position into which the zona-orbicularis-like aperture 10 is put is a position with drawing, it is good anywhere. The example of the position which puts the zona-orbicularis-like aperture 10 into drawing 6 and drawing 7 is shown. In drawing 6 and drawing 7, 8 shows the source of an electron ray and 9 shows the lens for lighting.

[0034] Drawing 6 is drawing showing the example which put the zona-orbicularis-like aperture 10 into a part for the converging section of an illumination system, and is an example most generally considered. An electron ray 1 is made into a collimated beam with the lens 9 for lighting, and it is condensed on a mask 7 after that, and it carries out image formation of the image of a mask 7 on the wafer substrate 5 with the lens 3 for projection.

[0035] In drawing 6, the zona-orbicularis-like aperture 10 is formed in the position where the electron ray 1 between two lighting lenses 9 is made into the collimated beam. By the zona-orbicularis aperture 10, the aperture half size in optimal image surface position 4' will contribute [ only the electron ray of the range below a predetermined value ] to image formation above a predetermined value. In this state, move arrangement of the wafer substrate 5 is carried out at optimal image surface position 4', or the optimal image surface position is doubled with the position where the wafer substrate 5 is arranged with an attachment lens.

[0036] In drawing 7, the zona-orbicularis-like aperture 10 is formed in the position where the electron ray 1 between two lenses 3 for projection is made into the collimated beam. By the zona-orbicularis-like aperture 10, the aperture half size in optimal image surface position 4' will contribute [ only the electron ray of the range below a predetermined value ] to image formation above a predetermined value. In this state, move arrangement of the wafer substrate 5 is carried out at optimal image surface position 4', or the optimal image surface position is doubled with the position where the wafer substrate 5 is arranged with an attachment lens.

[0037] The method as shows the cycle-like aperture 10 to drawing 6 prepared in an illumination system from the meaning which reduces the coulomb effect is more more desirable.

[0038] As long as the configuration of the aperture concerning this invention is the thing of a configuration which restricts the aperture half size in the image formation side of the electron ray which contributes to image formation to below a predetermined value beyond a predetermined value, it may have opening of what configuration. The example is shown in drawing 8 and drawing 9.

[0039] Drawing 8 is aperture with opening of the shape of a doughnut constituted so that the electron ray outside the circular field of a bigger radius than it might be covered in a circular field smaller than a predetermined radius, and is an example to which opening is carried out by the member for supporting an inside shield for 2 minutes.

[0040] Drawing 9 is the example of the aperture which has arranged two or more circular openings at equal intervals as the center of each circle is on the periphery of the same circle. Aperture as shown in drawing 8 and drawing 9 is easy structure, and easy to manufacture.

[0041] The example of the method of doubling the wafer substrate 5 with the optimal image surface position is shown in drawing 10 and drawing 11. In drawing 10, 1' is [ the electron ray after an amendment and 3' of the electron ray before an amendment and 1'' ] correcting lenses (focal amendment coil).

[0042] In drawing 10, electron ray which had connected the focus to optimal image surface position 4' becomes like 1" by work of correcting-lens 3', and comes to connect a focus to the position of the gauss image surface position 4. That is, the optimal image surface position moves to the position of 4 from 4'. Therefore, even if it does not move the wafer substrate 5, the wafer substrate 5 can be put on the optimal image surface position.

[0043] The wafer substrate 5 is moved to the position of optimal image surface position 4', and it is made for a focus to suit on the wafer substrate 5 in drawing 11.

[0044] In order to ask for optimal image surface position 4', the methods following, for example are suitable. The 1st method is a method of changing the height of a wafer stage variously, actually printing a pattern using a dummy wafer, and observing the pattern by SEM. A SEM image is observed and let the stage height from which the best resolution is obtained be the optimal image surface position.

[0045] In the 2nd method, it is the method of preparing a reference mark on a wafer stage or the wafer for proofreading, carrying out the scan of this reference-mark top with an electron beam, detecting a reflective signal, calculating the differential value (d (amount of signals)/d (scanning position)) of a reflection-electron signal, and reading dotage in this differential value. The height of a wafer stage is changed, and this is performed and let the stage height which the amount of dotage becomes within the limits of predetermined, or serves as the minimum be the optimal image surface position.

[0046] Although it is related with the method of establishing a transferred side in the optimal image surface position by adjusting wafer stage height, the above method should just find out the amount of optimal amendments by the same method as the above, changing the amount of amendments by the correcting lens, when the method of establishing a transferred side in the optimal image surface position by the correcting lens is adopted.

[0047] In addition, this invention cannot be overemphasized by that it is applicable also in the aligner which used other charged particles although explanation of the gestalt of implementation of the above invention explained the case where an electron ray was used as a charged-particle line.

[0048]

[Effect of the Invention] As explained above, invention concerning a claim 1 So that only the charged-particle line of the aperture half size below a predetermined value may be received in the aperture half size beyond a predetermined value on an image formation side Since it is the charged-particle aligner characterized by preparing the aperture which intercepts a charged-particle line, and a transferred side having a means to adjust so that it may be put on the position where a charged-particle line broadening serves as the minimum Spherical aberration can be made small with easy composition, without using a multipole electrode etc. Moreover, increase of the image dotage by the coulomb effect can be prevented.

[0049] using the flexibility of the limited lens design for the thing which can be used for an optical design and for which aberration other than spherical aberration is reduced, and reducing the spherical aberration which remained effectively by the method by this invention -- consequent -- enough -- low -- it becomes possible to obtain aberration charged-particle optical system

[0050] Aperture is prepared in the space where a charged particle passes invention concerning a claim 2. the aperture concerned It has the covered section which covers the inside of the circular field of the 1st radius at least, and the covered section which covers the outside of the circular field of a larger radius at least than the 1st radius of the above. And since a transferred side is the charged-particle line aligner characterized by having a means to adjust so that it may be put on the position where a charged-particle line broadening serves as the minimum, the same effect as invention concerning a claim 1 is done so, and the structure of aperture is easy and it is easy to manufacture it.

---

[Translation done.]